

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-36063

(43)公開日 平成7年(1995)2月7日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

G 0 2 F 1/19  
1/29

識別記号

庁内整理番号

7724-2K  
7625-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平5-179554

(22)出願日 平成5年(1993)7月21日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 伊達 宗和

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 田中 敬二

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 津留 信二

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 精孝

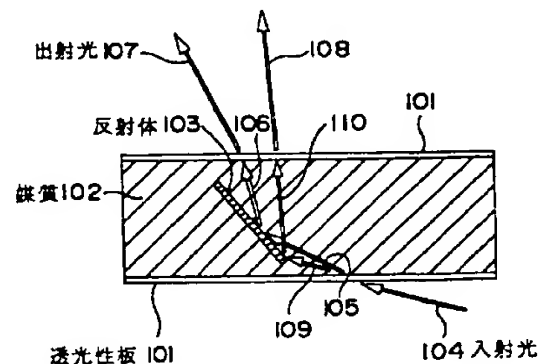
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子及びその作製方法

(57)【要約】

【目的】 機械的可動部を用いずに連続的に光の方向を変えることができる光学素子を提供すること。

【構成】 2枚の透光性板101間に屈折率可変な媒質(例えば液晶)102を挟み、この媒質内に反射体103を設けた光学素子を形成する。これにより、光学素子への入射光104は、外界と媒質102の屈折率差により屈折された光線105となり、この光線105は媒質102中の反射体103によって反射され光線106となり、さらに外界との界面で再び屈折された後、出射光107となって外界に出射される。さらに、媒質102の屈折率の値及び異方性的一方又は両方を変えることにより、出射光の方向を連続的に変化させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 外界からの光を入射可能に設けられた屈折率可変な透光性媒質を有すると共に、該透光性媒質中或いは該透光性媒質の界面には反射機能を有する領域が1つ以上形成されていることを特徴とする光学素子。

【請求項2】 前記屈折率可変な透光性媒質として電氣的に屈折率が変化する物質を用いたことを特徴とする請求項1記載の光学素子。

【請求項3】 前記反射機能を有する領域は屈折率が異なる物質の界面によって形成されていることを特徴とする請求項1記載の光学素子。

【請求項4】 光硬化性物質と屈折率可変な透光性物質の混合物に対して、光の干渉によって生じた干渉縞を照射し、該干渉縞の電界強度の強い部分に前記光硬化性物質を硬化させ、他の部分に前記屈折率可変な透光性物質領域を形成することを特徴とする光学素子の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光の方向を変える光学素子（光偏向素子）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の光の伝搬方向を変える素子（以下、光偏向素子と称する）は、鏡の方向を機械的に変えるものであり、このような素子の代表的なものとしてガルバノミラーが知られている。

【0003】 図2はガルバノミラーを示す概略図である。図において、201は鏡、202は回転軸で、回転軸202に鏡201を取付けた構造である。鏡201に光203を当てると反射光204が得られるが、鏡201の回転角を変えることにより、反射光の方向を例えば205の方向に変えることが可能となる。従って、鏡201の回転角を連続的に変えれば自由に光の方向を変えること（光偏向）ができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述した従来の光偏向素子は機械的動作に依っているため、小型化が難しかった。さらに、慣性等の影響のため速度変化の激しい俊敏な光偏向は困難であった。

【0005】 本発明は、機械的可動部を用いずに連続的に光の方向を変えることができる光学素子を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記の目的を達成するために、請求項1では、外界からの光を入射可能に設けられた屈折率可変な透光性媒質を有すると共に、該透光性媒質中或いは該透光性媒質の界面には反射機能を有する領域が1つ以上形成されている光学素子を提案する。

【0007】 また、請求項2では、請求項1記載の光学素子において、前記屈折率可変な透光性媒質として電氣

的に屈折率が変化する物質を用いた光学素子を提案する。

【0008】 また、請求項3では、請求項1記載の光学素子において、前記反射機能を有する領域は屈折率が異なる物質の界面によって形成されている光学素子を提案する。

【0009】 さらに、請求項4では、光硬化性物質と屈折率可変な透光性物質の混合物に対して、光の干渉によって生じた干渉縞を照射し、該干渉縞の電界強度の強い部分に前記光硬化性物質を硬化させ、他の部分に前記屈折率可変な透光性物質領域を形成する光学素子の作製方法を提案する。

【0010】

【作用】 本発明の請求項1によれば、例えば外界から透光性媒質中に入射光を照射すると、媒質中に入射した光は該透光性媒質及び外界の屈折率に応じて屈折し伝搬方向が変えられ、反射機能を有する領域に入射されると共に、該領域によって反射された後、透光性媒質内から外界へ出射される。このときも、媒質及び外界の屈折率に応じて屈折される。これにより、出射光の伝搬方向は前記入射光の伝搬方向とは異なったものとなる。さらに、前記透光性媒質の屈折率を変化させると、該屈折率の変化に対応して前記出射光の伝搬方向が変化する。

【0011】 また、請求項2によれば、前記透光性媒質の屈折率が電氣的に変化される。

【0012】 また、請求項3によれば、前記反射機能を有する領域は屈折率が異なる物質の界面によって形成される。

【0013】 また、請求項4によれば、光硬化性物質と屈折率可変な透光性物質の混合物に対して、光の干渉によって生じた干渉縞が照射される。これにより、前記干渉縞の電界強度の強い部分において前記光硬化性物質が硬化して集結し、他の部分に前記屈折率可変な透光性物質領域が形成される。ここで、前記光硬化性物質の屈折率と前記屈折率可変な透光性物質の屈折率との違いにより、これらの界面に反射面が形成される。

【0014】

【実施例】 以下、図面に基づいて本発明の動作原理及び一実施例を説明する。まず、屈折率異方性のある媒質での反射及び屈折に関して説明する。図3の(a)(b)は複屈折媒質での屈折および反射の様子を示した図である。一般に複屈折媒質の屈折率を制御すると、以下に示した2つの偏向効果がある。一つ目は、外界から媒質に入る際の屈折による効果である。図3の(a)に示すように、一般に屈折の法則は、外界301の屈折率を $n_0$ 、透光性媒質302の $\theta$ 方向の屈折率を $n_1(\theta)$ とし、入射角303を $\theta_i$ 、屈折角304を $\theta_d$ とすると、
$$n_0 \sin \theta_i = n_1(\theta_d) \sin \theta_d \dots (1)$$

(1)式の関係が成り立つ。つまり、 $n_1(\theta)$ が変化するれば $\theta_i$ 、 $\theta_d$ の関係が変化する。これは、出射の際も同

様である。

【0015】二つ目は、媒質中における反射の際の効果である。図3の(b)に示すように、媒質302中に鏡305を置いた場合、入射角306（以下 $\theta_0$ ）と反射角307

（以下 $\theta_1$ ）とすると、等方性媒質中では $\theta_0$ と $\theta_1$ は等しいが、屈折率異方性のある媒質中では、その屈折率を $n_1(\theta)$ とすると

$$n_1(-\theta_0) \sin \theta_0 = n_1(\theta_1) \sin \theta_1 \quad \cdots (2)$$

(2)式の関係を満たす。つまり、 $n_1(\theta)$ の $\theta$ 依存性が変化すれば、入射角 $\theta_0$ と反射角 $\theta_1$ の関係が変化する。即ち、これら2つの効果のため、媒質の屈折率を変えることにより屈折角または反射角を変えること、つまり光の方向を変化させること（光偏向）ができる。

【0016】図1は、本発明の光学素子の原理を説明するための基本構成を示す概略図である。2枚の透光性板101に挟まれた屈折率可変な透光性物質（以下、媒質と称する）102中に、例えば鏡の様な反射機能を持つ領域（以下、反射体と称する）103が形成されている。

【0017】入射光104が外界から素子中に入射すると、外界と媒質102の屈折率差により屈折された光線105となる。光線105は媒質102中の反射体103によって反射されて光線106となり、外界との界面で再び屈折された後、出射光107となって外界に出射される。

【0018】媒質102の屈折率の値及び異方性の一方または両方を変えると、先に述べた2つの効果により光偏向ができる。例えば、光の経路は104→105→106→107から104→109→110→108の様に变化する。このとき反射体103の鏡面に対して、媒質102と外界の界面が平行でなければ、光線107と光線108は一般に平行ではなくなる。従って、媒質102の屈折率を連続的に変化させると、連続的に光の伝搬方向を変えること（偏向）ができる。

【0019】透光性板101として透光性電極を用い、媒質102として例えば液晶のような電気的に屈折率可変な透光性物質を用いれば、媒質102に印加する電圧を連続的に変えることにより媒質102の屈折率 $n_1(\theta_1)$ が連続的に変化するので、光の方向を連続的に制御することができる。

【0020】次に、本発明の第1の実施例を説明する。図4の(a)(b)(c)は第1の実施例の光学素子を示す概略構成図であり、前述した反射体として、媒質とは屈折率の異なる物質との境界を用いた例である。第1の実施例の光学素子は、透光性電極401と電極412 或いは2枚の透光性電極401によって、屈折率可変な媒質402と透光性物質403を挟んだ構造をなし、素子内部では、媒質402と透光性物質403が屈折率の異なる周期的構造を形成している。

【0021】境界面による反射は屈折率差によって全反射にも、有限の反射率とすることもできるが、基本的に鏡面と等価であるので、前述した反射体103として透光

性物質403と媒質402の境界面を用いたものに相当する。

【0022】図4の(a)は入射光及び出射光が素子の同一面を透過するように構成した場合を示す概略図である。媒質402と透光性物質403が透光性電極401と電極412によって挟まれた構造をなし、媒質402と透光性物質403によって形成される反射面が、透光性電極401側の界面と所定角度を成すように形成されている。

【0023】これにより、透光性電極401側から入射光404を照射すると反射光405が得られる。電極401,412に電圧を印加し、媒質402の屈折率および異方性を変えると、前述した原理と同様に光の伝搬方向が変わり、出射光406が得られる。さらに、電極401,412に印加する電圧を連続的に変化させることにより、連続的な光偏向が実現される。この構造では反射面が周期的に複数形成されているので、素子の薄型化が容易である。

【0024】ここで、反射を担う境界面の物質の濃度変化は、不連続であっても連続的であっても構わない。また、透光性物質の領域は空洞であっても構わない。

【0025】図4の(b)は光路が素子を貫通するように構成した場合を示す概略図である。媒質402と透光性物質403が2枚の透光性電極401によって挟まれた構造をなし、媒質402と透光性物質403によって形成される反射面と透光性電極401の界面との成す角度は、図4の(a)に示す素子とは異なる所定角度に設定されている。

【0026】これにより、一方の透光性電極401側から入射光404を入射し、電極401に印加する電圧を制御することにより、他方の透光性電極401側の界面からの出射光は、例えば光線407から光線408のように方向を変える。ここで、入射側の界面と出射側の界面が平行である場合、この界面に対して媒質402と透光性物質403によって形成される反射面が垂直であってはならないことは言うまでもない。

【0027】図4の(c)は電極以外の部分から光を素子に入射し、一方の電極側から出射するように、媒質402と透光性物質403によって形成される反射面と透光性電極401の界面との成す角度を設定して構成した場合を示す概略図であり、媒質402と透光性物質403が透光性電極401と電極412によって挟まれた構造をなしている。

【0028】前述の構成によれば、電極401,412以外の側から入射光409を入射し、電極401,412に印加する電圧を制御することにより、透光性電極401の面から出射される出射光は、例えば光線407から光線408のように方向を変える。この例とは逆に電極側から素子に光を入射し、電極以外の部分から出射してもよい。

【0029】図4の(a)(b)(c)に示した第1の実施例における、媒質402としては、例えば屈折率異方性を有し電界により分子の配向方向を制御可能な液晶を使用することができる。また、この場合、液晶領域は完全に純粋な液晶領域ではなく、図5に示したような透光性物質50

1 中に液晶領域502 が分散したもので良い。このように液晶を分散させる場合は、液晶領域502 の大きさを小さくすることにより散乱を抑えることができる。また、液晶領域502 中に樹脂が散在した状態や、両領域が絡んだ状態であっても良い。

【0030】また、透光性物質403 としては媒質402 と屈折率の異なるものであればよく、例えば高分子樹脂を用いることができる。

【0031】図4に示した第1の実施例の光学素子では、両電極401,412 が平行になっているがこれに限らない。さらに、電界によって屈折率制御を行ったがこれに限定されることはない。例えば、媒質402 として液晶を用い、磁界によって配向する性質を利用して磁界により偏向方向を制御しても良いし、液晶は温度によって複屈折状態と等方的状態をとるので、この相転移による屈折率変化のような熱効果を用いても良い。また、例えばフォトクロミック材料の様な光により屈折率可変な材料を媒質402 として用い、光によって偏向方向を制御しても良い。電界を用いて制御しない場合は、電極401,412 が不要であることは言うまでもない。

【0032】また、媒質402 と透光性物質403 によって形成される反射面（反射体）の間隔を小さくすると干渉効果により、出射光の方向を離散化できる。さらに、連続的に偏向する場合は、反射面の間隔を広げるか、或いは間隔にゆらぎを持たせればよい。

【0033】さらに、本実施例では媒質402 と透光性物質403 によって反射面を形成しているが、透光性物質403 に限らず、透光性を持たない物質と媒質402 によって反射面を形成しても良い。

【0034】次に、本発明の第2の実施例の光学素子を説明する。図6の(a)(b)(c)は第2の実施例の光学素子を示す概略構成図であり、前述した反射体103 として、屈折率の異なる物質からなる周期的微細構造を用いた例である。第2の実施例の光学素子は、透光性電極601 と電極612 或いは2枚の透光性電極601 によって、屈折率可変な媒質602 と透光性物質603 を挟んだ構造をなし、素子内部では、媒質602 中に透光性物質603 が周期的に且つ格子状に配置形成されている。これは前述した反射体103 として格子面を用いたものに相当する。

【0035】図6の(a)は入射光及び出射光が素子の同一面を透過するように構成した場合を示す概略図である。媒質602 と透光性物質603 が透光性電極601 と電極612 によって挟まれた構造をなしている。これにより、透光性電極601 側から入射光604 を照射すると格子面613aによって反射された反射光605 が得られる。電極601, 612 に電圧を印加し、媒質602 の屈折率及び異方性を変えると第1の実施例の場合と同様に光の伝搬方向が変わり出射光606 が得られる。さらに、電極601,612 に印加する電圧を連続的に変えることにより、連続的な光偏向が実現される。またこの構造では格子状に配置形成され

た透光性物質603 の格子面が反射面となるので、素子の薄型化が容易である。

【0036】図6の(b)は光路が素子を貫通するように構成した場合を示す概略図である。この場合、媒質602 と透光性物質603 が2枚の透光性電極601 によって挟まれた構造をなしている。これにより、入射光604 を入射し電極601 間に印加する電圧を制御することにより、格子面613bにより反射されて素子外に出射する出射光は607 から608 のように方向を変える。さらに、電極601 間に印加する電圧を連続的に変えることにより、連続的な光偏向が実現される。また、この構造では反射部分の厚さが薄いので、素子の薄型化が容易である。ここで、入射側の界面と出射側の界面が平行である場合は、反射面は界面に対して垂直であってはならない。

【0037】図6(c)は電極以外の部分から素子に光を入射し、一方の電極側から出射するように構成した場合を示す概略図であり、媒質602 と透光性物質603 が透光性電極601 と電極612 によって挟まれた構造をなしている。この構成によれば、電極601,612 以外の部分から入射光609 を素子に入射し、電極601,612 に印加する電圧を制御することにより、例えば格子面613cにより反射されて透光性電極601 の面から出射される出射光は、光線607 から光線608 のように方向を変え、電極601,612 間に印加する電圧を連続的に変えることにより、連続的な光偏向が実現される。この例とは逆に電極側から素子に光を入射し、電極以外の部分から出射してもよい。

【0038】図6の(a)(b)(c)に示した第2の実施例における媒質602 としては、第1の実施例と同様に、例えば屈折率異方性を有し電界により分子の配向方向を制御可能な液晶を使用することができる。また、図5に示したような透光性物質中に液晶領域が分散したもので良い。このように液晶を分散させる場合は、液晶領域の大きさを小さくすることにより散乱を抑えることができる。また、液晶領域中に樹脂が散在した状態や、両領域が絡んだ状態であっても良い。

【0039】また、透光性物質603 としては媒質602 と屈折率の異なるものであればよく、例えば高分子樹脂やガラス微粒子等を用いることができる。

【0040】さらに、本実施例では媒質602 と透光性物質603 によって反射面を形成しているが、透光性物質603 に限らず、透光性を持たない物質と媒質602 によって反射面を形成しても良い。

【0041】図6に示した第2の実施例の光学素子では、両電極601,612 が平行になっているがこれに限らない。さらに、電界によって屈折率制御を行ったがこれに限定されることはない。例えば、媒質602 として液晶を用い、磁界によって配向する性質を利用して磁界により偏向方向を制御しても良い。また、媒質602 として液晶を用い、液晶は温度によって複屈折状態と等法的状態をとるのでこの相転移による屈折率変化のような熱効果を

用いても良い。また、例えばフォトクロミック材料の様に光により屈折率可変な材料を媒質602として用い、光によって偏向方向を制御しても良い。電界を用いて制御しない場合は、電極601,612は必要無い。さらに、図6の(a)(b)(c)は断面図であり、奥行き方向の透光性物質603の分布は一樣であっても変化があっても良い。

【0042】次に、本発明の第3の実施例の光学素子を説明する。図7は第3の実施例の光学素子を示す概略構成図であり、第1の実施例の光学素子において透光性物質403によって構成した反射体として、屈折率の異なる透光性物質からなる波長程度の周期的多層構造を用いた例である。この例では、多層構造領域703が反射体にあたる。多層構造領域703は、屈折率の異なる複数の透光性物質によって多層構造を形成することにより実現され、多層構造の周期は波長程度である。ここで透光性物質は屈折率可変であっても無くてもよい。また、1周期当りの層数は任意であり、屈折率が連続的に変化してもよい。

【0043】第3の実施例の光学素子は、2枚の透光性電極701によって屈折率可変な媒質702と反射体を形成する多層構造領域703を挟んだ構造をなし、素子内部では、媒質702中に多層構造領域703を周期的に配置した構造になっている。

【0044】この構成によれば、前述した第1及び第2の実施例と同様に、一方の透光性電極701側から入射光704を入射すると、素子内部の多層構造領域703で反射し、他方の透光性電極701側から出射される出射光705が得られる。電極701に電圧を加えることにより、媒質702の屈折率を変化させ異なった方向、例えば光線706の方向へ出射することができる。さらに、電極701間に印加する電圧を連続的に変えることにより、出射方向を連続的に変化させることができる。

【0045】図7に示す第3の実施例の光学素子における媒質702としては、例えば屈折率異方性を有し、電界により分子の配向方向を制御可能な液晶を使用することができる。また、図5に示したような透光性物質中に液晶領域が分散したものでもよい。このように液晶を分散させる場合は、液晶領域の大きさを小さくすることにより散乱を抑えることができる。

【0046】反射体を形成する多層構造領域703の層状の屈折率分布は、複数の屈折率固定の物質によって形成しても良いし、屈折率可変の物質によって形成しても良い。また多層構造領域703中の層構造は、多層構造領域703と媒質702との界面に対して平行でなくても良い。本構造は、第1の実施例と比べて反射体を形成する多層構造領域703と屈折率可変な媒質702との屈折率差が小さくても、反射面に於ける反射率を高め、素子効率を高めることができる。

【0047】尚、図7に示した光学素子では、入射面と出射面は平行になっているがこれに限らない。また、電

界で屈折率制御を行ったがこれに限定されることはない。例えば、媒質702として液晶を用い、磁界によって配向する性質を利用して磁界により偏向方向を制御しても良い。さらに、媒質として液晶を用いた場合、液晶は温度によって複屈折状態と等方的状態をとるのでこの相転移による屈折率変化のような熱効果を用いても良い。また、例えばフォトクロミック材料の様に光により屈折率可変な材料を媒質702として用い、光によって偏向方向を制御しても良い。電界を用いて制御しない場合は電極701は必要ない。図7は光学素子の断面を示した図であり、奥行き方向の透光性物質の分布は一樣であっても変化があっても良い。

【0048】次に、本発明の第4の実施例を説明する。図8の(a)(b)は、前述した第1乃至第3の実施例の光学素子において、反射体（屈折率可変な媒質中の透光性物質）の反射面が互いに平行な平面でない構成とした場合の光学素子を示す概略図である。光学素子801,811は、2枚の透明電極によって屈折率可変な媒質802,812と反射体を形成する透光性物質803,813とを挟んだ構造をなし、素子801に加える電界を変化させることにより光偏向を行っている。

【0049】図8の(a)はこれにより実現した可変焦点レンズを示す概略図である。光学素子801は、入射光804を当てると出射光805が1点に集束するような素子である。この様子は図8の(a)に示すように、素子内部の位置によって反射面の角度を変化させることにより実現している。例えば、素子801に電界を加えない状態において、一方の面側から入射光804を当てると、他方の面からの出射光804は1点に集光する。また、素子801に電界を加えると、前述した偏向作用により出射光の方向が変わり、出射光805となり別の1点に集光する。さらに、素子801に印加する電界を変化させることによって、出射光の集束点、即ち焦点を変化させることができる。このようにして、可変焦点レンズを実現できる。

【0050】電圧により偏向した後に生じる収差は、電極の抵抗率分布を変えたり電極を分割することにより補正可能である。また、図8の(a)では素子内部における反射面を平面として示したが曲面であっても良い。また、点像に集光させたがこれに限らず任意の実像に集光しても良い。

【0051】図8の(b)は、前述と同様にして実現した可変焦点鏡を示す概略図である。光学素子811は、入射光814を当てると、素子811の反射によって得られる出射光815が1点に集束するような素子である。この様子は図8の(b)に示すように、反射面の角度を素子内部の位置によって変化させることにより実現している。例えば、素子811に電界を加えない状態において、一方の面に入射光814を当てると、反射によって得られる出射光815は1点に集光する。また、素子811に電界を加えると、前述した偏向作用により出射光の方向が変わり、出

射光816 となって別の1点に集光する。さらに、素子811に印加する電界を変化させることによって、出射光の集束点、即ち焦点を変化させることができる。このようにして、可変焦点鏡を実現できる。

【0052】電圧により偏向した後に生じる収差は、電極の抵抗率分布を変えたり電極を分割することにより、場所に依存した電界分布を生じさせることにより補正可能である。また、図では反射面を平面として示したが曲面であってもよい。また点像に集光させたがこれに限らず任意の実像に集光してもよい。また、電圧以外の他の方法によって偏向動作を行ってもよい。

【0053】次に、本発明の第5の実施例として前述した第1の実施例に示した光学素子の作製方法を説明する。図9は第1の実施例の光学素子の作製装置の一例を示す概略図である。図において、901は所定口径のレーザ光を発するレーザ光源、902はビームスプリッタ、903a,903bはミラー、904は素子材料である。

【0054】レーザ光源901から出射した光をビームスプリッタ902aで分割し、分割された2つの光をそれぞれミラー903a,903bに入射する。さらに、ミラー903a,903bによって反射された2つの光を交差させて互いに干渉させ、干渉縞を生じさせる。この干渉縞が生じる位置に素子材料904を配置する。

【0055】素子材料904としては、透光性電極をつけた例えばガラス板の様な透光性固体により狭まれた、液晶と光硬化樹脂の混合物を用いる。この素子材料904中に生じた干渉縞により、干渉縞の腹の部分で樹脂が硬化して集結し、残りの部分が液晶領域となる。即ち、干渉縞の腹の部分が反射体（反射領域）となり、残りの部分が屈折率可変媒質となる。ここで、光硬化樹脂としては、周知のLCR-208、LCR-509A等を使用することができる。

【0056】この際、形成する層の間隔は、干渉させるレーザ光のなす角度を変えることにより任意に設定することができる。また、多層領域の層の傾きは素子材料904を回転することにより自由に変えることができる。

【0057】また、レーザ光の口径が素子面積に比べ小さい場合には、レンズを用いて拡大することにより大面積のものが作製できる。

【0058】平行光を干渉させることにより一様な素子が実現できるが、拡大光等を用いることにより、全体として凹または凸面鏡的、或いはレンズ的な構造を作ることができる。これにより、前述した第4の実施例に示した可変焦点レンズまたは可変焦点鏡構造を実現できる。

【0059】次に、本発明の第6の実施例として前述した第2の実施例に示した光学素子の作製方法を説明する。図10は第2の実施例の光学素子の作製装置の一例を示す概略図である。図において、1001は所定口径のレーザ光を発するレーザ光源、1002a～1002cはビームスプリッタ、1003a～1003gはミラー、1004は素子材料で

ある。

【0060】レーザ光源1001から出射した光をビームスプリッタ1002aで分割し、分割された2つの光をそれぞれミラー1003a,1003bで反射させる。さらに、ミラー1003aからの反射光をビームスプリッタ1002bによって分割し、分割された2つの光をそれぞれミラー1003c,1003dに入射する。また、ミラー1003bからの反射光をさらにミラー1003eによって反射させた後、この反射光をビームスプリッタ1002cによって分割する。ビームスプリッタ1002cによって分割された2つの光をそれぞれミラー1003f,1003gに入射する。さらに、4つのミラー1003c,1003d,1003f,1003gのそれぞれからの反射光を交差させて互いに干渉させ、干渉縞を生じさせる。この干渉縞が生じる位置に素子材料1004を配置する。

【0061】素子材料1004としては、透光性電極をつけた例えばガラス板の様な透光性固体により狭まれた、液晶と光硬化樹脂の混合物を用いる。4光束を干渉させることにより、素子材料1004中に生じた干渉縞の光強度分布は格子点状となる。光強度の強い部分で樹脂が硬化して集結し、残りの部分が液晶領域となる。即ち、干渉縞の腹の部分が反射体（反射領域）となり、残りの部分が屈折率可変媒質となる。

【0062】この際、形成する格子点の間隔は、干渉させるレーザ光のなす角度を変えることにより任意に制御できる。また、格子面の傾きは素子材料1004を回転することにより自由に変えることができる。

【0063】また、レーザ光の口径が素子面積に比べ小さい場合には、レンズを用いて拡大することにより大面積のものが作製できる。

【0064】平行光を干渉させることにより一様な素子が実現できるが、拡大光等を用いることにより、全体として凹または凸面鏡的、又はレンズ的な構造を作ることができる。これにより、前述した可変焦点レンズ又は可変焦点鏡を実現できる。

【0065】次に、本発明の第7の実施例として前述した第3の実施例の光学素子の作製方法を説明する。図11は第3の実施例の光学素子の作製装置の一例を示す概略図である。図において、1101は所定口径のレーザ光を発するレーザ光源、1102a～1102dはビームスプリッタ、1103a～1103cはミラー、1104は素子材料である。

【0066】レーザ光源1101から出射した光をビームスプリッタ1102aで分割し、分割された2つの光をそれぞれビームスプリッタ1102b,1102cに入射し、それぞれの光をさらに2分割する。ビームスプリッタ1102bによって分割された一方の光をビームスプリッタ1102dを透過させて素子材料1104に入射すると共に、他方の光をミラー1103aによって反射させ、前記一方の光とは異なる入射角度で素子材料1104に入射する。

【0067】また、ビームスプリッタ1102cによって分割された一方の光を直接素子材料1104に入射させ、他方



の光をミラー1103b, 1103c 及びビームスプリッタ1102d によって反射させて素子材料1104に入射する。

【0068】この際、素子材料1104に入射する各光を交差させて互いに干渉させ、素子材料1104中に干渉縞を生じさせる。ここで、ビームスプリッタ1102d は、2つのレーザ光のなす角度を微小角度に設定するために用いている。

【0069】また、素子材料1104としては、前述と同様に透光性電極をつけた例えばガラス板の様な透光性固体により狭まれた、液晶と光硬化樹脂の混合物を用いる。これにより、素子材料1104中に生じた干渉縞の光強度の強い部分で樹脂が硬化し、残りの部分が液晶領域となる。

【0070】また、このとき生じる干渉縞は、光束のなす角度の小さいものによって生じる周期の長いものと、光束のなす角度の大きいものによって生じる周期の短いものとの重ね合わせとなる。この長い周期が反射面の間隔に対応し、短いものが反射体を構成する多層領域内の層の間隔に対応する。

【0071】反射体を形成する多層領域内の層の間隔や、隣合う多層領域間の間隔は、干渉させるレーザ光のなす角度を変えることにより任意に設定することができる。また、多層領域の層の傾きは素子材料1104を回転することにより自由に変わることができる。

【0072】レーザ光の口径が、素子面積に比べ小さい場合にはレンズを用いて拡大することにより大面積のものが作製できる。

【0073】平行光を干渉させることにより一様な素子が実現できるが、拡大光等を用いることにより、全体として凹または凸面鏡的な構造を作ることができる。これにより、前述した可変焦点レンズまたは可変焦点鏡を実現できる。

【0074】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1記載の光学素子によれば、透光性媒質の屈折率を変化させることにより、該屈折率の変化に対応して出射光の伝搬方向を変化させることができるので、機械的動作を用いずに任意の速度で光の伝搬方向を連続的に制御することができる。

【0075】また、請求項2記載の光学素子によれば、上記の効果に加えて、前記透光性媒質の屈折率を電氣的に変化させることができるので、光の伝搬方向の可変制御を容易に行うことができる。

【0076】さらに、請求項3記載の光学素子によれば、上記の効果に加えて、前記透光性媒質内の反射機能を有する領域が屈折率が異なる物質の界面によって形成されるので、光化学反応等を用いることにより容易に作製することができる。

【0077】また、請求項4記載の光学素子の作製方法によれば、光の干渉縞の電界強度の強い部分において光

硬化性物質が硬化して集結し、他の部分に透光性物質領域が形成され、前記光硬化性物質の屈折率と前記透光性物質の屈折率との違いにより、これらの界面に反射面が形成されるので、前記透光性物質内に複数の反射面を微細な間隔で形成することができ、小型、薄型の光学素子を作製することができる。さらに、前記干渉縞の発生状態を変えることにより前記反射面を曲面状或いは格子状に形成することもでき、凹面鏡、凸面鏡、或いはレンズ的な機能を有する光学素子を簡単に作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光学素子の原理を説明するための基本構成を示す概略図

【図2】ガルバノミラーを示す概略図

【図3】複屈折媒質での屈折および反射の様子を示した図

【図4】本発明の第1の実施例における光学素子を示す概略構成図

【図5】複数の物質で構成する屈折率可変領域を示す概略図

【図6】本発明の第2の実施例における光学素子を示す概略構成図

【図7】本発明の第3の実施例における光学素子を示す概略構成図

【図8】本発明の第4の実施例における光学素子を示す概略図

【図9】本発明の第1の実施例における光学素子の作製装置の一例を示す概略図

【図10】本発明の第2の実施例における光学素子の作製装置の一例を示す概略図

【図11】本発明の第3の実施例における光学素子の作製装置の一例を示す概略図

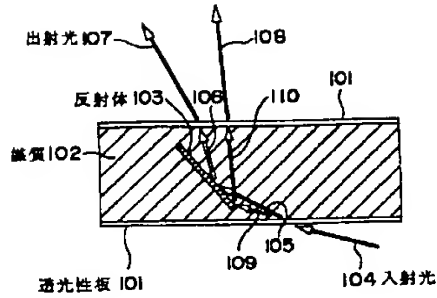
【符号の説明】

101 …透光性電極、102 …屈折率可変物質、103 …鏡、104 ~110 …光束、201 …鏡、202 …回転軸、203 ~205 …光線、301 …外界、302 …屈折率可変媒質、306, 308 …入射角、304 …屈折角、305 …鏡、307 …反射角、401 …透明電極、402 …屈折率可変媒質、403 …透光性物質、404, 409 …入射光、405 ~408 …出射光、412 …電極、501 …透光性物質、502 …屈折率可変物質領域、601 …透明電極、602 …屈折率可変媒質、603 …透光性物質、604, 609 …入射光、605 ~608 …出射光、612 …電極、701 …透光性電極、702 …屈折率可変物質、703 …反射体、704 …入射光、705 …出射光、801, 811 …光学素子、802, 812 …媒質、803, 804, 813 …透光性物質、804, 814 …入射光、805, 806, 815, 816 …出射光、901 …レーザ光源、902 …ビームスプリッタ、903a, 903b …鏡、904 …素子材料、1001 …レーザ光源、1002a ~1002c …ビームスプリッタ、1003a ~1003g …ミラー、1004 …素子材料、1101 …レーザ光源、1102a ~1102d …ビー

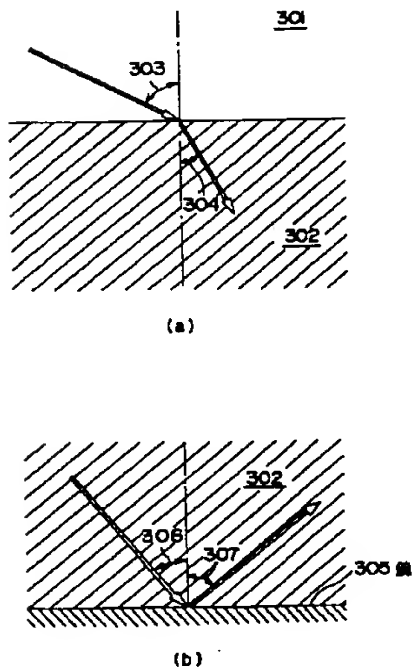


ムスプリッタ、1103a ~ 1103c …鏡、1104…素子材料。

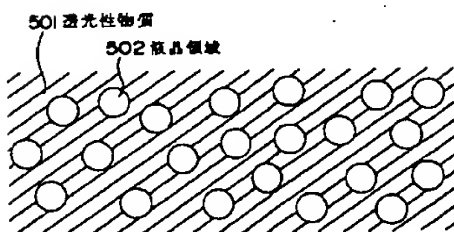
【図1】



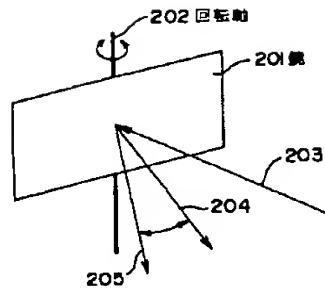
【図3】



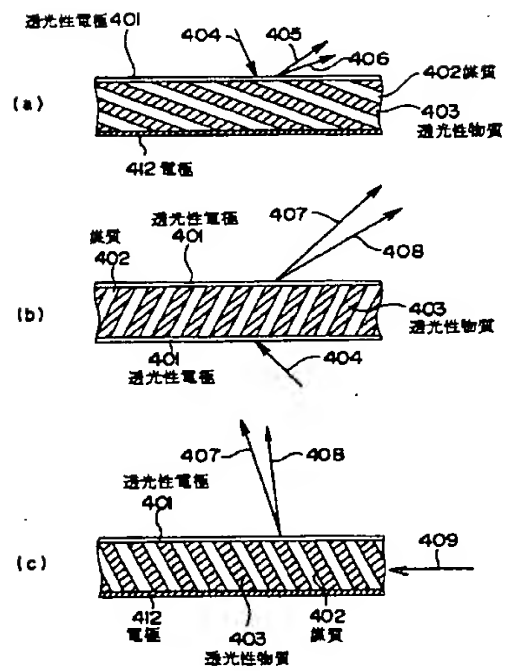
【図5】



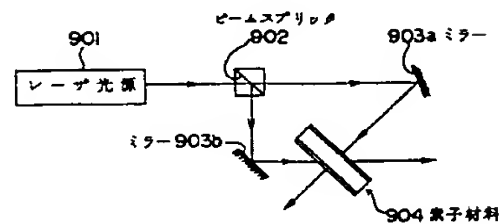
【図2】



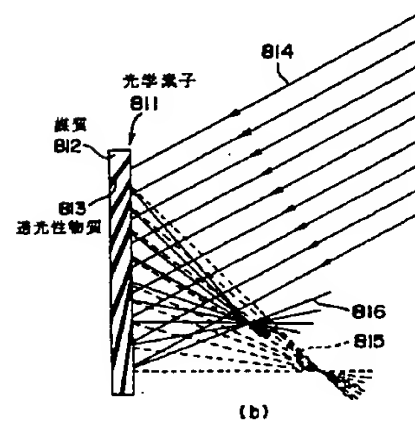
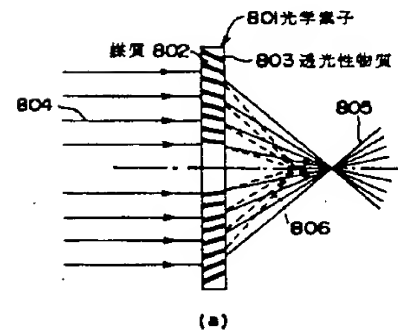
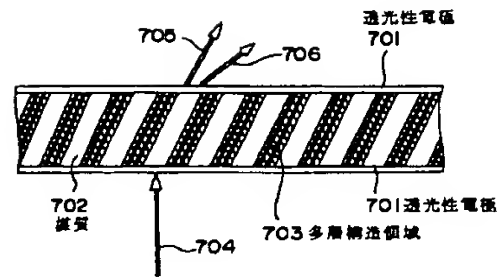
【図4】



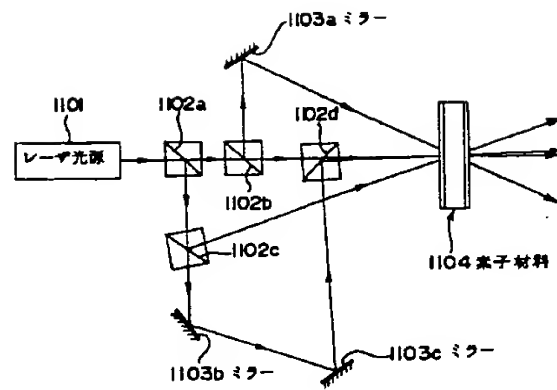
【図9】



【图7】



【図 1 1】



(72)発明者 加藤 謹矢  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内